

Uma estratégia de otimização em navios de guerra da Marinha do Brasil**An optimization strategy on Brazilian Navy warships**

Recebimento dos originais: 07/06/2018

Aceitação para publicação: 20/07/2018

Marcos dos Santos

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF)
Instituição: Professor do Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia (IME)
Endereço: Praça General Tibúrcio, 80 - Urca, CEP 22290-270, Rio de Janeiro - RJ, Brasil
E-mail: marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Vinicius Araujo Pimenta

Mestre em Administração pela Fundação Getúlio Vargas (EBAPE/FGV)
Instituição: Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), campus Bonsucesso
Endereço: Av. Paris, 84 - Bonsucesso, CEP 21041-020 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
E-mail: vinicius_pimenta@hotmail.com

Fabricio Baroni de Carvalho

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Instituição: Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais
Endereço: Av Brasil, 13.476 - Parada de Lucas, CEP 21010-076 - Rio de Janeiro-RJ, Brasil
E-mail: baroni.fabricio@yahoo.com.br

Rodrigo Linhares Lauria

Mestre em Gestão e Estratégia em Negócios pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ)
Instituição: Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), campus Bangú
Endereço: Rua da Feira, 316 - Bangú, CEP 21820-030 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
E-mail: rodrigolauria@souunisuam.com.br

Jéssica Alves de Souza

Engenheira de Produção pelo Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (SENAI / CETIQT)
Instituição: Centro de Tecnologia da Indústria Química e Têxtil (SENAI/RJ/CETIQT)
Endereço: Rua Magalhães Castro, 174 - Riachuelo, CEP 20961-020, Rio de Janeiro/RJ, Brasil
E-mail: jessica_asouz@hotmail.com

RESUMO

Esse trabalho tem o objetivo de desenvolver um modelo analítico que possa ser utilizado para o planejamento das refeições servidas à tripulação de um navio de guerra da Marinha do Brasil. Tal dieta deve levar em consideração as necessidades nutricionais de homens adultos com idade entre 18-45 anos, bem como as especificidades das atividades laborativas realizadas a bordo de um navio. Devido à sua natureza determinística, buscou uma solução para o problema à luz da Programação

Linear, especificamente o Método Simplex. O modelo analítico foi desenvolvido a partir dos dados obtidos na legislação normativa da Marinha do Brasil. A solução apontada pelo modelo matemático em tela pode apoiar a decisão da administração da Organização Militar (OM), contribuindo para o cumprimento da Lei 8666, de 21 de junho de 1993, que em seu artigo 1º estabelece as regras gerais sobre licitações e contratos administrativos relevantes para obras, serviços, compras, vendas e arrendamentos sob os Poderes da União, Estados, Distrito Federal e Municípios. A aplicação do referido método configura-se como uma clara demonstração de transparência e austeridade no trato da coisa pública.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional; Programação Matemática.

ABSTRACT

This work has the objective of developing an analytical model that can be used to plan the meals served to the crew of a Brazilian Navy warship. Such a diet should take into account the nutritional needs of adult males aged 18-45 years, as well as the specificities of the work performed on board a ship. Due to its deterministic nature, it sought a solution to the problem in the light of Linear Programming, specifically the Simplex Method. The analytical model was developed from the data obtained in the normative legislation of the Navy of Brazil. The solution indicated by the on-screen mathematical model can support the decision of the Military Organization (OM) administration, contributing to compliance with Law 8666, of June 21, 1993, which in its article 1 establishes the general rules on bids and administrative contracts relevant to works, services, purchases, sales and leases under the Powers of the Union, States, Federal District and Municipalities. The application of this method is a clear demonstration of transparency and austerity in the treatment of public affairs.

Keywords: Operational Research; Mathematical Programming.

1 INTRODUÇÃO

Diante de um mundo globalizado e devido ao grande ambiente competitivo, as organizações buscam novos métodos de gerenciamentos para se manterem no mercado, seja através de novas tecnologias ou até mesmo na melhoria de seus processos. Longaray (2013) afirma que a trajetória de um indivíduo é baseada nas decisões tomadas por eles e pelas decisões tomadas por outros indivíduos que podem gerar consequências e afetá-los direto ou indiretamente. Assim, a decisão é tão relevante quanto ao processo que a antecede e que gera resultados que podem proporcionar melhorias para o problema em questão. E esse processo, também chamado de processo decisório, pode estar em constante aperfeiçoamento, para possibilitar o aprendizado ordenado e estruturado em cada decisão, possibilitando ao indivíduo aprimorar suas escolhas ao uso de recursos como dinheiro, tempo e energia.

Segundo Belfiore e Fávero, (2013), uma área que tem a finalidade de proporcionar informações cada vez mais precisas, claras e apropriadas à tomada de decisões, com base em ambientes competitivos, é a Pesquisa Operacional (PO), que consiste na utilização de um método científico (modelos matemáticos, estatísticos e algoritmos computacionais) para a tomada de

decisões, e que vem assumindo uma importância cada vez maior para o tratamento e análise de dados.

A finalidade deste trabalho é modelar uma refeição de custo adequado dentro do orçamento diário disponibilizado para a alimentação da tripulação de um navio de guerra da Marinha do Brasil, através da utilização das ferramentas de pesquisa operacional. A dieta deve levar em consideração as necessidades nutricionais de homens adultos na faixa etária de 18 a 45 anos, o cardápio semanal e a lista dos fornecedores licitados com a Marinha do Brasil. Para o auxílio na resolução do problema, será utilizado o Software Linear Interactive Discrete Optimizer (LINDO), no processamento computacional.

2 METODOLOGIA

Segundo Lakatos e Marconi (2010), métodos é o conjunto de atividades racionais e sistemáticas que permite alcançar o objetivo, elaborando o caminho a ser seguido, identificando erros e auxiliando nas decisões.

A Pesquisa Operacional “é um método científico de fornecer a setores executivos uma base quantitativa para as decisões relativas a operações sob seu controle” (KIMBALL; MORSE, 1951). Belfiore e Fávero (2013) afirmam que a Pesquisa Operacional utiliza métodos de apoio para a tomada de decisão.

De acordo com a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO) a PO é “a área de conhecimento que estuda, desenvolve e aplica métodos analíticos avançados para auxiliar na tomada de melhores decisões nas mais diversas áreas de atuação humana”. A Pesquisa Operacional é voltada para resolução de problemas reais, portanto é utilizada para avaliar linhas de ação alternativa e auxiliar o decisor na análise dos mais variados aspectos e situações de um problema complexo, permitindo a tomada de decisão efetiva e a construção de sistemas mais produtivos, na busca do melhor caminho para encontrar soluções que melhor satisfaçam aos objetivos das organizações ou indivíduos, como um todo.

A Pesquisa Operacional apresenta uma extensa lista de ferramentas que podem ser aplicadas para auxiliar nas tomadas de decisões, porém para o presente artigo, o modelo determinístico que melhor se encaixou no problema foi a Programação Linear (PL) que é a técnica mais empregada para a resolução de problemas da pesquisa operacional e por ser o modelo mais simples e que atende todos os critérios do problema.

Para Longaray (2013) a programação linear é a técnica cuja estrutura algébrica é a que mais se aproxima da forma geral matemática que os modelos de otimização recomendam, já que são necessárias poucas adaptações para a sua aplicação.

De acordo com Silva et al (2010), a simplicidade do modelo e a disponibilidade de uma técnica de solução programável em computador facilitam suas aplicações, que são bastante utilizadas em sistemas estruturados como os de finanças, produção, controle de estoques e etc.

Em um problema de programação linear, a função objetivo e as restrições do modelo devem ser representadas por funções lineares. O problema de PL busca determinar valores ótimos para as variáveis de decisão que devem ser contínuas, no intuito de maximizar ou minimizar a função linear z , sujeita a um conjunto de n restrições lineares de equações ou inequações. A solução ótima é quando a solução satisfaz todas as restrições e que apresenta o melhor valor da função objetivo. (BELFIORE E FÁVERO, 2013)

Para problemas que estão associados a uma grande quantidade de variáveis e restrições, utiliza-se o método simplex, que irá determinar uma solução ótima.

Segundo Longaray (2013), o método simplex foi desenvolvido pelo matemático George Dantzig, que ficou conhecido como o pai da programação linear. Para Bronson (1985) o método simplex determina a solução ótima de um problema de PL, sua utilização se dá de acordo com uma sequência de etapas que começa a partir da redução do sistema linear a forma canônica, passa pela elaboração do quadro simplex, determina a solução básica inicial, pela escolha das variáveis que entram e saem da base, pelo cálculo da nova solução básica e pelo teste dessa nova solução encontrada.

Além da utilização do método simplex, o artigo contará com o apoio do software LINDO para a resolução das equações e as suas restrições.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Santos *et al.* (2017) afirmam que um engenheiro é, antes de mais nada, um “resolvedor de problemas”. Ele tem a capacidade de compreender as condições de contorno de uma situação problemática e, a partir daí propor soluções que agreguem valor não só para a organização da qual faz parte, mas também para a sociedade como um todo.

Santos (2013) também considera que de acordo com o tipo e com a complexidade do problema a ser estudado, serão escolhidos os melhores modelos matemáticos que aderem àquela realidade.

Segundo Longaray (2013) a cronologia da Pesquisa Operacional pode ser relatada tendo como ponto de partida a Segunda Guerra Mundial. Suas origens estão relacionadas a invenção do radar, em 1934, pela equipe de pesquisa comandada pelo cientista inglês Robert Watson-Watt. Arenales et al (2007, p.1), afirma que “o termo Pesquisa Operacional atribuído ao superintendente

da estação Albert Percival. Rowe que, em 1938, coordenava equipes para examinar a eficiência de técnicas de operações advindas de experimentos com interceptação de radar”.

Em 1947, foi implantado o projeto SCOOP (ScientificComputationofOptimalPrograms), organizado por um grupo de pesquisadores, sob a direção de Marshall K. Wood, para tentar solucionar o problema de alocação de recursos limitados, de modo a otimizar objetivos. O matemático George Dantzig era um dos membros desse grupo, desenvolveu, formalizou e testou o método simplex para solucionar problemas de programação linear. Esses desenvolvimentos se basearam em trabalhos percursoros, do matemático russo Leonid Kantorovich, e o termo “programação linear” foi sugerido a Dantzig pelo economista T.C. Koopmans (ARENALES, 2007; LOESCH; HEIN, 2009)

Com o término da Segunda Guerra Mundial, a PO teve seus horizontes ampliados. Muitos dos grupos de pesquisadores da PO transferiram-se para indústrias que procuravam restabelecer-se na economia do pós-guerra. Durante esse período (1945-1950), a pesquisa operacional também foi introduzida em órgãos governamentais e passou a figurar como disciplina no meio acadêmico (LONGARAY, 2013)

Segundo Arenales et al (2007), em 1952 foi fundada a sociedade científica americana de pesquisa operacional (ORSA – OperationsResearch Society ofAmerica). Em 1957, foi realizada a primeira conferência internacional de pesquisa operacional na Inglaterra. A partir do início da década de 1950 até o final da década de 1960 a PO foi aplicada em diversos problemas oriundos dos setores público e privado. Na década de 1960 a PO era estudada apenas em curso de pós-graduação, mas a partir da 1970, passou a ser objeto também em cursos de graduação.

Atualmente, existem várias sociedades científicas em vários países que acrescentam pessoas e entidades interessadas na teoria e na prática da pesquisa operacional. No Estados Unidos existe a INFORMS (Institute for OperationsResearchandthe Management Sciences); na Alemanha, a GOR (GermanOperationsResearch Society); em Portugal, a APDIO (Associação Portuguesa de Investigação Operacional). No Brasil, a PO iniciou, basicamente, em 1960. O primeiro simpósio brasileiro de PO foi realizado no ITA, em São Paulo. Logo após, foi fundada a SOBRAPO (Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional), em 1969, que publica periódicos de PO a mais de 25 anos (ARENALES, 2007).

4 ESTUDO DE CASO

O artigo foi elaborado através de um estudo de caso realizado na Marinha do Brasil que tem como objetivo contribuir para a defesa da Pátria juntamente com o Exército e a Aeronáutica.

Desde o século XVIII, a Marinha opera na defesa das navegações no ambiente marítimo e fluvial. Além de desenvolver estratégias de inspeção e controle para a segurança do litoral brasileiro, ela também realiza atividades sociais em proveito do seus militares e servidores civis, como o Navio de Assistência Hospitalar que leva assistência médica e odontológica as populações que vivem em comunidades carentes e isoladas nos Estados do Amazonas e Amapá.

A Marinha do Brasil é a instituição nacional permanente e regular, organizada com base na hierarquia e na disciplina, destinada à defesa da Pátria. Nesse sentido, cabe a Marinha do Brasil manter sua tripulação constantemente preparada para o efetivo cumprimento de suas tarefas constitucionais. O presente artigo permitirá o desenvolvimento de um modelo analítico capaz de apoiar o gestor do navio em estudo, no que diz respeito à elaboração dos cardápios diários. Isso irá colaborar para que os poucos recursos recebidos pela Marinha sejam gastos da maneira “ótima”.

Sabe-se que a alimentação tem um papel fundamental no desenvolvimento das atividades laborativas de qualquer cidadão, principalmente num contexto no qual as pessoas encontram-se num ambiente confinado e não têm a opção de fazerem as suas refeições em outro local. O desenvolvimento de um cardápio balanceado, com uma boa alimentação, poderá trazer maior motivação à tripulação do navio fazendo com que leve a bom termo as atividades que lhe são adjudicadas, trazendo o maior retorno possível para a sociedade, na medida em que cumprirão da melhor maneira possível a sua função constitucional, trazendo assim mais segurança para a sociedade. A aplicação de um modelo analítico que pode prever aplicação otimizada dos recursos, traz maior transparência às contas da Marinha do Brasil e trata com maior austeridade o erário público.

O direcionamento deste trabalho será para a tripulação de um navio de guerra, no qual são fornecidas quatro refeições diárias, quais sejam: café da manhã, almoço, jantar e ceia. De acordo com a Marinha do Brasil, o valor da etapa comum de alimentação dos militares, para todo território nacional é de R\$ 8,20 por militar/dia. Contudo, nos navios em regime de viagem, há um complemento financeiro de R\$ 6,60 totalizando R\$ 14,80 por dia. As refeições diárias devem ser cuidadosamente planejadas, tendo em vista a intensa atividade laboral dos integrantes da tripulação de um navio, como pode ser observado na Figura 1.



Figura 1: Marinheiros laborando espas em um navio de guerra

Fonte: Site Naval (2017)

Para a elaboração do problema será usado a Programação Linear juntamente com o método simplex e também será utilizado o software Linear Interactive and Discrete Optmizer (LINDO) que irá dar a solução ótima. Para que consiga chegar no resultado final, será levado em consideração as necessidades nutricionais dos indivíduos como também a tabela de preço dos fornecedores licitados.

5 CONSTRUÇÃO DO MODELO MATEMÁTICO

Para a iniciação da construção do problema, utilizou-se a lista de preços dos fornecedores de gêneros e o cardápio semanal da Marinha. Com isso foi feito uma seleção dos alimentos mais utilizados referente ao almoço e a janta para a construção do quadro conforme mostra a Tabela 1, por conseguinte foi descartado os produtos que são utilizados no café da manhã, na ceia, os que foram considerados como sobremesa e as bebidas.

Item	Unidade de fornecimento	Custo de cada item
Abóbora pescoço	Kg	R\$ 2,03
Abobrinha italiana	Kg	R\$ 3,05
Aipim	Kg	R\$ 1,54
Agrião	Kg	R\$ 2,13
Alface (lisa/crespa)	Kg	R\$ 3,62
Alho	Kg	R\$ 15,30
Berinjela	Kg	R\$ 2,83
Beterraba	Kg	R\$ 2,84
Batata doce	Kg	R\$ 1,62
Batata Inglesa	Kg	R\$ 2,77
Brócolis	Kg	R\$ 3,34
Couve manteiga	Kg	R\$ 3,97
Coentro	Kg	R\$ 12,71
Couve flor	Kg	R\$ 3,27
⋮	⋮	⋮
Rabinho de porco	Kg	R\$ 7,15
Rabo bovino	Kg	R\$ 14,10
Salsicha	Kg	R\$ 3,99
Sardinha	Kg	R\$ 22,32
Sobre coxa de frango	Kg	R\$ 7,99
Toucinho	Kg	R\$ 13,50

Tabela 1: Alimentos adquiridos pelos fornecedores e seus custos por unidade de fornecimento

Fonte: Autores (2017)

Em seguida definiu-se as variáveis de decisão (x_n) de cada produto assim como foram estabelecidas cotas para mensurar as unidades de cada alimento para a elaboração da Função Objetivo (FO). Portanto, na Tabela 2 é possível observar o custo de algumas cotas e a variável de decisão de alguns itens. No total foram 84 variáveis de decisão.

Item	Unidade de Fornecimento	Custo de cada item	Cotas em “g” ou “ml”	Custo por cota	Variável de decisão
Abóbora pescoço	Kg	R\$ 2,03	100g	0,203	x_1
Abobrinha italiana	Kg	R\$ 3,05	100g	0,305	x_2
Aipim	Kg	R\$ 1,54	100g	0,154	x_3
Agrião	Kg	R\$ 2,13	100g	0,213	x_4
Alface (lisa/crespa)	Kg	R\$ 3,62	100g	0,362	x_5
Alho	Kg	R\$ 15,30	50g	0,765	x_6
Berinjela	Kg	R\$ 2,83	100g	0,283	x_7
Beterraba	Kg	R\$ 2,84	100g	0,284	x_8
Batata doce	Kg	R\$ 1,62	100g	0,162	x_9
Batata Inglesa	Kg	R\$ 2,77	100g	0,277	x_{10}
Brócolis	Kg	R\$ 3,34	100g	0,334	x_{11}
Couve manteiga	Kg	R\$ 3,97	100g	0,397	x_{12}
Coentro	Kg	R\$ 12,71	50g	0,636	x_{13}
Couve flor	Kg	R\$ 3,27	100g	0,327	x_{14}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Rabinho de porco	Kg	R\$ 7,15	100g	0,715	x_{19}
Rabo bovino	Kg	R\$ 14,10	100g	1,410	x_{20}
Salsicha	Kg	R\$ 3,99	100g	0,399	x_{21}
Sardinha	Kg	R\$ 22,32	100g	2,232	x_{22}
Sobre coxa de frango	Kg	R\$ 7,99	100g	0,799	x_{23}
Toucinho	Kg	R\$ 13,50	100g	0,999	x_{24}

Tabela 2: Atribuição de cotas, seus custos e a variável de decisão de cada alimento fornecido

Fonte: Autores (2017)

Utilizando o custo de cada cota dos alimentos com a sua respectiva variável de decisão, define-se a função objetivo de minimização do problema, que irá determinar o valor-alvo que se pretende atingir, como é possível ver na equação abaixo:

$$F.O. = \min \{0,203x_1 + 0,305x_2 + 0,154x_3 + 0,2013x_4 + 0,362x_5 + 0,765x_6 + 0,283x_7 + 0,284x_8 + 0,162x_9 + 0,277x_{10} + 0,334x_{11} + 0,397x_{12} + 0,636x_{13} + 0,327x_{14} + 0,289x_{15} + 0,178x_{16} + 0,173x_{17} + 0,103x_{18} + 0,335x_{19} + 0,230x_{20} + 0,370x_{21} + 0,244x_{22} + 0,088x_{23} + 0,253x_{24} + 0,122x_{25} + 0,198x_{26} + 0,998x_{27} + 0,499x_{28} + 0,8x_{29} + 0,032x_{30} + 0,219x_{31} + 1,258x_{32} + 0,543x_{33} + 0,237x_{34} + 0,685x_{35} + 0,082x_{36} + 0,223x_{37} + 0,219x_{38} + 0,058x_{39} + 0,056x_{40} + 0,409x_{41} + 0,230x_{42} + 0,165x_{43} + 0,235x_{44} + 0,428x_{45} + 0,758x_{46} + 0,399x_{47} + 0,122x_{48} + 0,609x_{49} + 0,119x_{50} + 1,996x_{51} + 0,003x_{52} + 0,465x_{53} + 1,988x_{54} + 1,000x_{55} + 1,490x_{56} + 2,090x_{57} + 1,260x_{58} + 2,198x_{59} + 0,999x_{60} + 0,930x_{61} + 3,800x_{62} + 1,700x_{63} + 0,849x_{64} + 1,153x_{65} + 0,798x_{66} + 1,349x_{67} + 1,100x_{68} + 1,198x_{69} + 1,098x_{70} + 0,697x_{71} +$$

$$0,900x72 + 0,736x73 + 1,140x74 + 1,429x75 + 0,769x76 + 0,620x77 + 1,480x78 + 0,715x79 + 1,410x80 + 0,399x81 + 2,232x82 + 0,799x83 + 1,350x84 \}$$

Para que seja feita a modelagem das restrições do problema que atendam às necessidades nutricionais de um indivíduo em intensa atividade laboral, foi preciso fazer um levantamento dos principais nutrientes que compõem as refeições do cardápio fornecido pela Marinha e que são essenciais para o perfeito funcionamento do organismo. Os macronutrientes selecionados para compor a refeição do problema em questão são as proteínas, lipídeos, carboidratos e as fibras, já na seleção dos micronutrientes, os minerais escolhidos são o cálcio, sódio, ferro e potássio.

Na Tabela 3 é possível observar a elaboração de um quadro através dos dados fornecidos pela Tabela Brasileira de Composição de alimentos (TACO), que fornece a quantidade de macro e micronutrientes expressos em gramas ou miligramas presentes em cada alimento.

Alimentos	Calorias (kcal)	Proteína (g)	Lipídios (g)	Carboidrato (g)	Fibra Alimentar (g)	Cálcio (mg)	Ferro (mg)	Sódio (mg)	Potássio (mg)
Abóbora pescoço	24	0,7	0,1	6,1	2,3	9	0,3	1	264
Abobrinha italiana	15	1,1	0,2	3,0	1,6	17	0,2	1	126
Aipim	125	0,6	0,3	30,1	1,6	19	0,1	1	100
Agrião	17	2,7	0,2	2,3	2,1	133	3,1	7	218
Alface lisa	14	1,7	0,1	2,4	2,3	28	0,64	4	349
Alho	56,5	3,5	6,1	11,95	2,15	7	0,4	2,5	267,5
Berinjela	19	0,7	0,1	4,5	2,5	11	0,2	1	105
Beterraba	32	1,3	0,1	7,2	1,9	15	0,2	23	245
Batata doce	77	0,6	0,1	18,4	2,2	17	0,2	3	198
Batata inglesa	52	1,2	0	11,9	1,3	4	0,2	2	161
Brócolis	25	2,1	0,5	4,4	3,4	51	0,5	2	119
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Rabo bovino	365	22,60	29,79	0	0	11,21	2,35	396,62	302,07
Salsicha	321,5	9,72	29,51	3,61	0	16,49	0,81	1174,71	108,81
Sardinha	257	33,4	12,7	0	0	482	1,1	60	460
Sobre coxa de frango	260	28,7	15,2	0	0	11	1,2	96	323
Toucinho	697	27,3	64,3	0	0	9	0,9	125	171

Tabela 3: Quantidade de macronutrientes e minerais elaborados com os dados da TACO

Fonte: Autores (2017)

Posteriormente foi levantada as necessidades nutricionais de um indivíduo na faixa etária de 18 a 45 anos, do sexo masculino, que vive em intensa atividade laboral, segundo os dados do manual de orientação da educação alimentar fornecido pelo Programa de Alimentação do Trabalhador (PAT), como apresenta a Tabela 4 a seguir.

Nutrientes	Mínimo Necessário	Máximo Necessário
Proteína (g)	65,26	87
Lípídeos (g)	48,32	64,44
Carboidrato (g)	261	348
Fibra Alimentar (g)	26,10	34,80
Cálcio (mg)	900	1200
Ferro (mg)	8	18
Sódio (mg)	-	2000
Potássio (mg)	4700	-

Tabela 4: Necessidades nutricionais de um homem adulto

Fonte: Autores (2017)

Com os dados da Tabela 4 é possível modelar as restrições do problema, porém por se tratar de duas refeições principais, o almoço e a janta, o valor máximo e mínimo das necessidades nutricionais foram divididos por dois.

Proteínas (g)

$$0,7x_1 + 1,1x_2 + 0,6x_3 + 2,7x_4 + 1,7x_5 + 3,5x_6 + 0,7x_7 + 1,3x_8 + 0,6x_9 + 1,2x_{10} + 2,1x_{11} + 1,7x_{12} + 10,45x_{13} + 1,2x_{14} + 1,3x_{15} + 0,8x_{16} + 0,4x_{17} + 0,85x_{18} + 2,7x_{19} + 2,1x_{20} + 1,4x_{21} + 0,9x_{22} + 0,55x_{23} + 1,9x_{24} + 1,1x_{25} + 1,8x_{26} + 0,45x_{28} + 0,935x_{29} + 8,58x_{31} + 13,7x_{32} + 15,45x_{33} + 0,9x_{34} + 0,9x_{35} + 0,05x_{36} + 2,5x_{37} + 2,6x_{38} + 1,56x_{39} + 1,26x_{40} + 2,4x_{41} + 2,3x_{42} + 9,8x_{43} + 11,4x_{44} + 4,8x_{45} + 5,1x_{46} + 4,5x_{47} + 7,2x_{48} + 6,3x_{49} + 1,6x_{50} + 21,2x_{51} + 2,8x_{53} + 17,5x_{54} + 14,4x_{55} + 22,6x_{56} + 35,6x_{57} + 26,7x_{58} + 30,67x_{59} + 26,2x_{60} + 21,6x_{61} + 18,4x_{62} + 26,9x_{63} + 30,2x_{64} + 28,8x_{65} + 9,6x_{66} + 25,6x_{67} + 26,6x_{68} + 32x_{69} + 29,9x_{70} + 13,8x_{71} + 19,43x_{72} + 20,5x_{73} + 35,7x_{74} + 23,4x_{75} + 13,2x_{76} + 18,5x_{77} + 35,9x_{78} + 15,6x_{79} + 22,60x_{80} + 9,72x_{81} + 33,4x_{82} + 28,7x_{83} + 27,3x_{84} \geq 32,63$$

$$0,7x_1 + 1,1x_2 + 0,6x_3 + 2,7x_4 + 1,7x_5 + 3,5x_6 + 0,7x_7 + 1,3x_8 + 0,6x_9 + 1,2x_{10} + 2,1x_{11} + 1,7x_{12} + 10,45x_{13} + 1,2x_{14} + 1,3x_{15} + 0,8x_{16} + 0,4x_{17} + 0,85x_{18} + 2,7x_{19} + 2,1x_{20} + 1,4x_{21} + 0,9x_{22} + 0,55x_{23} + 1,9x_{24} + 1,1x_{25} + 1,8x_{26} + 0,45x_{28} + 0,935x_{29} + 8,58x_{31} + 13,7x_{32} + 15,45x_{33} + 0,9x_{34} + 0,9x_{35} + 0,05x_{36} + 2,5x_{37} + 2,6x_{38} + 1,56x_{39} + 1,26x_{40} + 2,4x_{41} + 2,3x_{42} + 9,8x_{43} + 11,4x_{44} + 4,8x_{45} + 5,1x_{46} + 4,5x_{47} + 7,2x_{48} + 6,3x_{49} + 1,6x_{50} + 21,2x_{51} + 2,8x_{53} +$$

$$17,5x54 + 14,4x55 + 22,6x56 + 35,6x57 + 26,7x58 + 30,67x59 + 26,2x60 + 21,6x61 + 18,4x62 + 26,9x63 + 30,2x64 + 28,8x65 + 9,6x66 + 25,6x67 + 26,6x68 + 32x69 + 29,9x70 + 13,8x71 + 19,43x72 + 20,5x73 + 35,7x74 + 23,4x75 + 13,2x76 + 18,5x77 + 35,9x78 + 15,6x79 + 22,60x80 + 9,72x81 + 33,4x82 + 28,7x83 + 27,3x84 \leq 43,5$$

Lipídios (g)

$$0,1x1 + 0,2x2 + 0,3x3 + 0,2x4 + 0,1x5 + 6,1x6 + 0,1x7 + 0,1x8 + 0,1x9 + 0,5x11 + 6,6x12 + 5,2x13 + 0,3x14 + 0,25x15 + 0,2x16 + 0,05x18 + 5,4x19 + 0,2x20 + 0,2x21 + 0,1x23 + 0,3x24 + 0,2x25 + 0,2x26 + 50x27 + 7,1x28 + 1,6x29 + 10x30 + 10,23x31 + 12,7x32 + 3x33 + 0,1x34 + 0,2x35 + 0,2x37 + 0,4x38 + 3,32x39 + 4,08x40 + 0,2x41 + 0,2x42 + 1,4x43 + 1,5x44 + 0,5x45 + 0,6x46 + 0,5x47 + 1,9x48 + 0,5x49 + 1,2x50 + 5,4x51 + 18,3x53 + 4,84x54 + 6,8x55 + 25,2x56 + 33,5x57 + 10,9x58 + 9x59 + 6x60 + 4,5x61 + 15,6x62 + 21,9x63 + 30,3x64 + 27,7x65 + 11,8x66 + 0,7x67 + 0,9x68 + 2,5x69 + 9x70 + 36,25x71 + 28,36x72 + 21,3x73 + 6,4x74 + 2,6x75 + 12,4x76 + 19,9x77 + 7,3x78 + 34,5x79 + 29,79x80 + 29,51x81 + 12,7x82 + 15,2x83 + 64,3x84 \geq 24,16$$

$$0,1x1 + 0,2x2 + 0,3x3 + 0,2x4 + 0,1x5 + 6,1x6 + 0,1x7 + 0,1x8 + 0,1x9 + 0,5x11 + 6,6x12 + 5,2x13 + 0,3x14 + 0,25x15 + 0,2x16 + 0,05x18 + 5,4x19 + 0,2x20 + 0,2x21 + 0,1x23 + 0,3x24 + 0,2x25 + 0,2x26 + 50x27 + 7,1x28 + 1,6x29 + 10x30 + 10,23x31 + 12,7x32 + 3x33 + 0,1x34 + 0,2x35 + 0,2x37 + 0,4x38 + 3,32x39 + 4,08x40 + 0,2x41 + 0,2x42 + 1,4x43 + 1,5x44 + 0,5x45 + 0,6x46 + 0,5x47 + 1,9x48 + 0,5x49 + 1,2x50 + 5,4x51 + 18,3x53 + 4,84x54 + 6,8x55 + 25,2x56 + 33,5x57 + 10,9x58 + 9x59 + 6x60 + 4,5x61 + 15,6x62 + 21,9x63 + 30,3x64 + 27,7x65 + 11,8x66 + 0,7x67 + 0,9x68 + 2,5x69 + 9x70 + 36,25x71 + 28,36x72 + 21,3x73 + 6,4x74 + 2,6x75 + 12,4x76 + 19,9x77 + 7,3x78 + 34,5x79 + 29,79x80 + 29,51x81 + 12,7x82 + 15,2x83 + 64,3x84 \leq 32,22$$

Carboidratos (g)

$$6,1x1 + 3x2 + 30,1x3 + 2,3x4 + 2,4x5 + 11,95x6 + 4,5x7 + 7,2x8 + 18,4x9 + 11,9x10 + 4,4x11 + 8,7x12 + 24x13 + 3,9x14 + 2,275x15 + 6,7x16 + 9,8x17 + 4,45x18 + 4,2x19 + 23,2x20 + 6,2x21 + 2x22 + 2,45x23 + 6,4x24 + 3,1x25 + 5,3x26 + 2,05x28 + 2,545x29 + 0,66x31 + 0,8x32 + 114,9x33 + 3,9x34 + 2,15x35 + 2,96x36 + 28,1x37 + 28,2x38 + 3,02x39 + 2,12x40 + 15x41 + 6,7x42 + 75,1x43 + 75,8x44 + 13,6x45 + 13,5x46 + 14x47 + 78,9x48 + 16,3x49 + 8,55x50 + 57,9x51 + 25,6x53 + 2,04x54 + 1,4x55 + 3x56 + 1,7x57 + 2,9x62 + 34,5x66 + 4,2x70 + 2,7x71 + 11,3x76 + 3,61x81 \geq 130,5$$

$$6,1x1 + 3x2 + 30,1x3 + 2,3x4 + 2,4x5 + 11,95x6 + 4,5x7 + 7,2x8 + 18,4x9 + 11,9x10 + 4,4x11 + 8,7x12 + 24x13 + 3,9x14 + 2,275x15 + 6,7x16 + 9,8x17 + 4,45x18 + 4,2x19 + 23,2x20 + 6,2x21 + 2x22 + 2,45x23 + 6,4x24 + 3,1x25 + 5,3x26 + 2,05x28 + 2,545x29 + 0,66x31 + 0,8x32 + 114,9x33 + 3,9x34 + 2,15x35 + 2,96x36 + 28,1x37 + 28,2x38 + 3,02x39 + 2,12x40 + 15x41 + 6,7x42 + 75,1x43 + 75,8x44 + 13,6x45 + 13,5x46 + 14x47 + 78,9x48 + 16,3x49 + 8,55x50 +$$

$$57,9x51 + 25,6x53 + 2,04x54 + 1,4x55 + 3x56 + 1,7x57 + 2,9x62 + 34,5x66 + 4,2x70 + 2,7x71 + 11,3x76 + 3,61x81 \leq 174$$

Fibra Alimentar (g)

$$2,3x1 + 1,6x2 + 1,6x3 + 2,1x4 + 2,3x5 + 2,15x6 + 2,5x7 + 1,9x8 + 2,2x9 + 1,3x10 + 3,4x11 + 5,7x12 + 18,65x13 + 2,1x14 + 1,375x15 + 2,6x16 + 1,0x17 + 1,1x18 + 2,5x19 + 1,7x20 + 4,8x21 + 1,1x22 + 1,3x23 + 4,6x24 + 1,2x25 + 2,4x26 + 1,9x28 + 1,2x29 + 3,45x33 + 1,9x34 + 1,6x35 + 1,6x37 + 1,1x38 + 0,12x39 + 2,36x40 + 2,8x41 + 2,55x42 + 2,3x43 + 4,8x44 + 8,5x45 + 7,5x46 + 8,4x47 + 4,7x48 + 7,9x49 + 2,3x50 + 12,4x51 + 1,25x53 + 0,2x54 + 5x66 \geq 13,05$$

$$2,3x1 + 1,6x2 + 1,6x3 + 2,1x4 + 2,3x5 + 2,15x6 + 2,5x7 + 1,9x8 + 2,2x9 + 1,3x10 + 3,4x11 + 5,7x12 + 18,65x13 + 2,1x14 + 1,375x15 + 2,6x16 + 1,0x17 + 1,1x18 + 2,5x19 + 1,7x20 + 4,8x21 + 1,1x22 + 1,3x23 + 4,6x24 + 1,2x25 + 2,4x26 + 1,9x28 + 1,2x29 + 3,45x33 + 1,9x34 + 1,6x35 + 1,6x37 + 1,1x38 + 0,12x39 + 2,36x40 + 2,8x41 + 2,55x42 + 2,3x43 + 4,8x44 + 8,5x45 + 7,5x46 + 8,4x47 + 4,7x48 + 7,9x49 + 2,3x50 + 12,4x51 + 1,25x53 + 0,2x54 + 5x66 \leq 17,40$$

Cálcio (mg)

$$9x1 + 17x2 + 19x3 + 133x4 + 28x5 + 7x6 + 11x7 + 15x8 + 17x9 + 4x10 + 51x11 + 177x12 + 392x13 + 16x14 + 64,75x15 + 26x16 + 8x17 + 7x18 + 112x19 + 12x20 + 20x21 + 10x22 + 4,5x23 + 112x24 + 7x25 + 41x26 + 23x28 + 5,5x29 + 40,15x31 + 79x32 + 28,5x33 + 35x34 + 29x35 + 1,1x36 + 4x37 + 3x38 + 25,8x39 + 3,2x40 + 29x41 + 11x42 + 18x43 + 35x44 + 27x45 + 17x46 + 29x47 + 3x48 + 16x49 + 1x50 + 114x51 + 6x53 + 8x54 + 12x55 + 875x56 + 992x57 + 4x58 + 7x59 + 7x60 + 13x61 + 960x62 + 13x63 + 17x64 + 28x65 + 18x66 + 10x67 + 36x68 + 5x69 + 6x70 + 10x71 + 13x72 + 8x73 + 20x74 + 69x75 + 56x76 + 5x77 + 5x78 + 22x79 + 11,21x80 + 16,49x81 + 482x82 + 11x83 + 9x84 \geq 450$$

$$9x1 + 17x2 + 19x3 + 133x4 + 28x5 + 7x6 + 11x7 + 15x8 + 17x9 + 4x10 + 51x11 + 177x12 + 392x13 + 16x14 + 64,75x15 + 26x16 + 8x17 + 7x18 + 112x19 + 12x20 + 20x21 + 10x22 + 4,5x23 + 112x24 + 7x25 + 41x26 + 23x28 + 5,5x29 + 40,15x31 + 79x32 + 28,5x33 + 35x34 + 29x35 + 1,1x36 + 4x37 + 3x38 + 25,8x39 + 3,2x40 + 29x41 + 11x42 + 18x43 + 35x44 + 27x45 + 17x46 + 29x47 + 3x48 + 16x49 + 1x50 + 114x51 + 6x53 + 8x54 + 12x55 + 875x56 + 992x57 + 4x58 + 7x59 + 7x60 + 13x61 + 960x62 + 13x63 + 17x64 + 28x65 + 18x66 + 10x67 + 36x68 + 5x69 + 6x70 + 10x71 + 13x72 + 8x73 + 20x74 + 69x75 + 56x76 + 5x77 + 5x78 + 22x79 + 11,21x80 + 16,49x81 + 482x82 + 11x83 + 9x84 \leq 600$$

Ferro (mg)

$$0,3x1 + 0,2x2 + 0,1x3 + 3,1x4 + 0,64x5 + 0,4x6 + 0,2x7 + 0,2x8 + 0,2x9 + 0,2x10 + 0,5x11 + 0,5x12 + 40,7x13 + 0,1x14 + 0,95x15 + 0,1x16 + 0,1x17 + 0,1x18 + 0,6x19 + 0,4x20 + 0,3x21 + 0,1x22 + 0,2x23 + 0,4x24 + 0,2x25 + 0,4x26 + 0,1x28 + 0,395x29 + 1,155x31 + 3,3x32 + 1,35x33$$

$$+ 0,2x34 + 0,15x35 + 0,5x36 + 0,1x37 + 0,1x38 + 0,1x40 + 2,1x41 + 0,7x42 + 1x43 + 6,7x44 + 1,3x45 + 1,1x46 + 1,1x47 + 1,5x48 + 0,9x49 + 0,3x50 + 5,4x51 + 0,35x53 + 2,34x54 + 0,7x55 + 0,3x56 + 0,5x57 + 2,7x58 + 2,53x59 + 1,2x60 + 0,6x61 + 2,4x62 + 1,9x63 + 1x64 + 2,2x65 + 1,3x66 + 0,3x67 + 0,4x68 + 0,3x69 + 5,8x70 + 1,13x71 + 1,36x72 + 0,9x73 + 0,5x74 + 0,6x75 + 2,6x76 + 1,4x77 + 3x78 + 0,6x79 + 2,35x80 + 0,81x81 + 1,1x82 + 1,2x83 + 0,9x84 \geq 4$$

$$0,3x1 + 0,2x2 + 0,1x3 + 3,1x4 + 0,64x5 + 0,4x6 + 0,2x7 + 0,2x8 + 0,2x9 + 0,2x10 + 0,5x11 + 0,5x12 + 40,7x13 + 0,1x14 + 0,95x15 + 0,1x16 + 0,1x17 + 0,1x18 + 0,6x19 + 0,4x20 + 0,3x21 + 0,1x22 + 0,2x23 + 0,4x24 + 0,2x25 + 0,4x26 + 0,1x28 + 0,395x29 + 1,155x31 + 3,3x32 + 1,35x33 + 0,2x34 + 0,15x35 + 0,5x36 + 0,1x37 + 0,1x38 + 0,1x40 + 2,1x41 + 0,7x42 + 1x43 + 6,7x44 + 1,3x45 + 1,1x46 + 1,1x47 + 1,5x48 + 0,9x49 + 0,3x50 + 5,4x51 + 0,35x53 + 2,34x54 + 0,7x55 + 0,3x56 + 0,5x57 + 2,7x58 + 2,53x59 + 1,2x60 + 0,6x61 + 2,4x62 + 1,9x63 + 1x64 + 2,2x65 + 1,3x66 + 0,3x67 + 0,4x68 + 0,3x69 + 5,8x70 + 1,13x71 + 1,36x72 + 0,9x73 + 0,5x74 + 0,6x75 + 2,6x76 + 1,4x77 + 3x78 + 0,6x79 + 2,35x80 + 0,81x81 + 1,1x82 + 1,2x83 + 0,9x84 \leq 9$$

Sódio (mg)

$$1x1 + 1x2 + 1x3 + 7x4 + 4x5 + 2,5x6 + 1x7 + 23x8 + 3x9 + 2x10 + 2x11 + 11x12 + 9x13 + 2x14 + 1x15 + 0,8x16 + 2x17 + 0,5x18 + 47x19 + 1x24 + 1x25 + 6,735x28 + 212,5x29 + 91,3x31 + 129x32 + 22,5x33 + 4x34 + 257x35 + 0,51x36 + 1x37 + 2x38 + 4,436x39 + 4,46x40 + 498x41 + 189x42 + 1x43 + 333x44 + 2x45 + 1x46 + 2x47 + 1x49 + 130x50 + 5x51 + 780x52 + 303,5x53 + 11,14x54 + 10,21x55 + 581x56 + 1844x57 + 52x58 + 41x59 + 362x60 + 38x61 + 99x62 + 19,43x63 + 63x64 + 92x65 + 532x66 + 115x67 + 120x68 + 50x69 + 82x70 + 805x71 + 749x72 + 1432x73 + 39x74 + 68x75 + 1090x76 + 616x77 + 60x78 + 1158x79 + 396,62x80 + 1174,71x81 + 60x82 + 96x83 + 125x84 \leq 2000$$

Potássio (mg)

$$264x1 + 126x2 + 100x3 + 218x4 + 349x5 + 267,5x6 + 105x7 + 245x8 + 198x9 + 161x10 + 119x11 + 315x12 + 1611,5x13 + 80x14 + 229,25x15 + 176x16 + 54x17 + 88x18 + 149x19 + 586x20 + 213x21 + 154x22 + 87x23 + 249x24 + 222x25 + 208x26 + 10x28 + 64,5x29 + 101,2x31 + 28x32 + 201x33 + 150x34 + 122x35 + 16x36 + 15x37 + 20x38 + 43,6x39 + 43,6x40 + 680x41 + 73,5x42 + 151x43 + 212x44 + 255x45 + 253x46 + 256x47 + 168x48 + 220x49 + 81x50 + 1116x51 + 507x53 + 287x54 + 295x55 + 62x56 + 96x57 + 256x58 + 252x59 + 280x60 + 70x61 + 107x62 + 86x63 + 246x64 + 270x65 + 166x66 + 249x67 + 364x68 + 387x69 + 309x70 + 189x71 + 294x72 + 409x73 + 311x74 + 194x75 + 538x76 + 228x77 + 421x78 + 24x79 + 302,07x80 + 108,81x81 + 460x82 + 323x83 + 171x84 \geq 2350$$

Calorias (kcal)

As calorias são o quanto de energia o indivíduo deve consumir por dia. Se tratando de homens com atividade intensa, seu consumo gira em torno de 2900 kcal por dia, que dividido durante 4 refeições (café da manhã, almoço, janta e ceia) dá um total de 370 kcal no desjejum, 1015 kcal no almoço e no jantar e 500 kcal na ceia. Logo a restrição para a caloria diária a ser ingerida no almoço é:

$$24x_1 + 15x_2 + 125x_3 + 17x_4 + 14x_5 + 56,5x_6 + 19x_7 + 32x_8 + 77x_9 + 52x_{10} + 25x_{11} + 90x_{12} + 154,5x_{13} + 19x_{14} + 13,25x_{15} + 30x_{16} + 19x_{17} + 19,5x_{18} + 67x_{19} + 97x_{20} + 27x_{21} + 10x_{22} + 10,5x_{23} + 30x_{24} + 15x_{25} + 25x_{26} + 442x_{27} + 68,5x_{28} + 25,37x_{29} + 88,4x_{30} + 132x_{31} + 177x_{32} + 556,5x_{33} + 17x_{34} + 11,5x_{35} + 7x_{36} + 128x_{37} + 130x_{38} + 48,2x_{39} + 50,2x_{40} + 61x_{41} + 37x_{42} + 360x_{43} + 371x_{44} + x_{76}x_{45} + 78x_{46} + 77x_{47} + 353x_{48} + 93x_{49} + 49x_{50} + 355x_{51} + 271,5x_{53} + 126x_{54} + 128x_{55} + 330x_{56} + 453x_{57} + 212x_{58} + 204x_{59} + 166x_{60} + 133x_{61} + 231x_{62} + 313x_{63} + 402x_{64} + 373x_{65} + 283x_{66} + 116x_{67} + 122x_{68} + 159x_{69} + 225x_{70} + 396x_{71} + 339x_{72} + 280x_{73} + 210x_{74} + 100x_{75} + 210x_{76} + 258x_{77} + 219x_{78} + 377x_{79} + 365x_{80} + 321,5x_{81} + 257x_{82} + 260x_{83} + 697x_{84} \leq 1015$$

6 SOLUÇÃO DO MODELO: UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE LINDO

Para auxiliar na solução do problema foi utilizado o Software Linear Interactive and Discrete Optimizer (LINDO), por ser um programa que apresenta uma solução ótima para a elaboração da refeição em questão respeitando as suas restrições, dependendo apenas do gestor para decidir se irá aceitar ou não a solução encontrada.

Para a utilização do software, foram inseridos a função objetivo e as restrições do problema no LINDO. Após modelar o problema, o software foi posto para rodar afim de encontrar a solução ótima para a refeição. Na primeira tentativa ele apresentou 26 iterações até chegar a um resultado ótimo, ou seja, uma refeição que apresente o mínimo de custo possível e que atenda às necessidades nutricionais determinadas. Esse resultado pode ser analisado na figura 6 a seguir:


```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      26
      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      1.545087
      VARIABLE                VALUE                REDUCED COST
      X1                      0.000000             0.081814
      X2                      0.000000             0.217113
      X3                      0.000000             0.128787
      X4                      1.354322             0.000000
      X5                      0.000000             0.175370
      X31                      0.239154             0.000000
      X32                      0.000000             0.956721
      X33                      0.000000             0.287978
      X34                      0.000000             0.131611
      X35                      0.000000             0.592996
      X36                      0.000000             0.084295
      X37                      0.000000             0.192484
      X38                      0.000000             0.190267
      X39                      7.261688             0.000000
      X40                      0.814974             0.000000
      X41                      0.000000             0.126320
      X42                      0.000000             0.141801
      X43                      0.891745             0.000000
      X44                      0.000000             0.057495
      X77                      0.000000             0.178543
      X78                      0.000000             0.582779
      X79                      0.000000             0.410993
      X80                      0.000000             0.877814
      X81                      0.000000             0.201691
      X82                      0.000000             1.035074
      X83                      0.000000             0.081842
      X84                      0.000000             0.799886
      X76X45                   0.000000             0.000406
      NO. ITERATIONS=         26
      X81                      0.000000             0.201691
      X82                      0.000000             1.035074
      X83                      0.000000             0.081842
      X84                      0.000000             0.799886
      X76X45                   0.000000             0.000406
      NO. ITERATIONS=         26

```

Figura 2: Solução ótima apresentada pelo LINDO

Fonte: Autores (2017)

Após uma análise do primeiro resultado obtido através do software observou-se que não era uma refeição viável uma vez que foi apresentado como solução ótima uma refeição no qual o indivíduo comeria: 135,4g de agrião, 3,15g de coentro, 246,1g de inhame, meio ovo, 145,22g de caldo de carne, 16,28g caldo de galinha e 89,11g de farinha de trigo. É nítido que essa refeição não agradaria ninguém, logo o resultado não foi aceito, por isso que não é possível contar somente com o resultado do software, é preciso que um gestor analise a solução proposta e chegue à conclusão se optará por seguir esse caminho ou não.

7 VALIDAÇÃO DO MODELO

Para que se consiga um resultado que seja coerente e agrade a todos, foi necessário fazer mais algumas restrições no problema, como por exemplo restringir um limite de caldo de galinha em uma refeição. Considerando a cultura alimentar brasileira, fixou-se uma cota mínima de arroz e feijão na modelagem do problema, para que o preço não sofresse muita alteração, foi utilizado os produtos mais baratos tanto do arroz, quanto do feijão, já que ambos apresentavam valores nutricionais muito próximos segundo a tabela apresentada pela TACO.

Após 10 tentativas de uma refeição ótima, foi gerado um resultado que atende ao bom senso e as necessidades nutricionais do militar conforme mostra a figura 7 abaixo:

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP      34
      OBJECTIVE FUNCTION VALUE
    1)      2.851374

```

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X1	0.000000	0.172084
X2	0.000000	0.330004
X3	1.000000	0.000000
X4	0.314092	0.000000
X5	0.000000	0.268566
X6	0.000000	0.619346
X7	0.000000	0.435801
X8	0.000000	0.191997
X9	0.518366	0.000000
...
X29	0.000000	0.850458
X30	0.316311	0.000000
X31	1.000000	0.000000
X32	0.000000	1.032761
X33	0.000000	0.000000
X34	0.000000	0.234369
X35	0.000000	0.701990
X36	0.000000	0.026982
X37	0.000000	0.000000
X38	1.000000	0.000000
X39	0.000000	0.000000
X40	0.000000	0.278019
X41	1.000000	0.000000
X42	0.000000	0.387984
X43	0.000000	0.000000
X44	0.000000	0.000000
X45	0.000000	1.079074
X46	0.000000	1.300471
X47	1.000000	0.000000
...
X74	0.000000	0.806946
X75	0.000000	1.118821
X76	0.769512	0.000000
X77	0.000000	0.345436
X78	0.000000	1.075248
X79	0.000000	0.541799
X80	0.000000	1.026608
X81	0.000000	0.129936
X82	0.000000	0.873587
X83	0.000000	0.444202
X84	0.000000	0.976150
X76X45	0.000000	0.000000

```

      NO. ITERATIONS=      34

```

Figura3: Solução ótima obtida pelo LINDO com as novas restrições

Fonte: Autores (2017)

A solução encontrada apresentou um custo de R\$ 2,85 para a elaboração da refeição a seguir:

- 100g de aipim cozido - 31,4g de agrião - 51,8g de batata doce
- 100g de inhame - 3,16ml de óleo - 1 ovo
- 100g de arroz - 100g de extrato de tomate - 100g de feijão
- 225g de queijo parmesão - 1 hambúrguer bovino

Utilizando a criatividade, a combinação dos elementos pode gerar uma refeição bastante convidativa, como por exemplo: uma entrada feita com agrião com o aipim e ovo cozido fatiado, o óleo utilizado para o preparo da refeição eum prato principal por um purê de inhame e chips da batata doce feita no forno, acompanhado de um hambúrguer à parmegiana (utilizando o molho de tomate e o queijo parmesão) sem faltar o tradicional feijão e arroz. Tudo isso por um preço mínimo de R\$ 2,85.

8 AVALIAÇÃO DE RESULTADOS

A despeito que se supunha, que com R\$ 14,80 não seria suficiente para prover 4 refeições diárias para cada militar, o método simplex mostrou que é possível. Porém se fizermos uma análise com os custos de cada alimento que a Marinha utiliza para elaborar uma refeição, no final não dará para custear as 4 refeições com orçamento disponibilizado por cada militar diariamente.

Levando em consideração o cardápio disponibilizado pela MB, foi feito um quantitativo das 4 refeições, sem levar em consideração o algoritmo matemático, que pode ser analisado a seguir:

Desjejum: 1 iogurte com polpa de frutas, pote com 180ml por R\$ 0,43. Pão francês, 2 unidades por R\$ 0,50. Leite, copo com 200ml por R\$ 0,52.

Almoço: Frango acebolado, 200g de frango + 50g de cebola por R\$ 2,50. Macarrão ao sugo, 150g de macarrão + 300g de tomate por R\$ 0,91. Arroz, 100g por R\$ 0,22. Feijão, 100g por R\$ 0,40. Salada com alface, tomate, cebola e beterraba, por R\$1,31. Suco de uva, 1 copo de 200ml por R\$ 1,24.

Janta: Bife acebolado, 200g de bife + 50g de cebola por R\$ 4,50. Abóbora sauté, 150g por R\$ 0,31. Arroz, 100g por R\$ 0,22. Feijão, 100g por R\$ 0,40. Salada com alface, tomate, cebola e beterraba, por R\$1,31. Suco de manga, 1 copo de 200ml por R\$ 0,90.

Ceia: Pão doce, 3 unidades por R\$ 0,75. Suco de goiaba, 1 copo de 200ml por R\$0,90.

Totalizando essas 4 refeições, sem levar em conta a sobremesa, chega-se a um resultado de R\$17,32, ultrapassando o orçamento disponibilizado pela MB. Fazendo uma extrapolação com a solução ótima que em média apresentou um resultado de aproximadamente R\$ 3,00 o almoço, que somado com a janta contendo um acréscimo de R\$1,00 a mais que o almoço, totaliza R\$7,00. Adicionando o café da manhã (R\$ 1,45) e a ceia (R\$ 1,65), segundo o cardápio semanal apresentado pela MB, a elaboração das 4 refeições apresentará um total de R\$ 10,10. A diferença do montante das refeições elaborada pela Marinha com a refeição otimizada é de R\$ 7,22. Logo com R\$ 14,80 é possível conceder as 4 refeições com folga no orçamento, se o mesmo for gerido adequadamente.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado alcançado no decorrer do artigo foi satisfatório e atingiu todos os objetivos proposto inicialmente. Para que fosse elaborado a refeição, foi feito uma análise no cardápio fornecido semanalmente pela Marinha e na lista de preço dos fornecedores de gênero para poder chegar em uma conclusão dos alimentos mais utilizados para a preparação da refeição.

Para iniciar a construção do modelo matemático, determinou-se um total de 84 variáveis de decisão e a função objetivo do problema. Para finalizar o modelo foi preciso definir as restrições que foram realizadas através de um levantamento das principais necessidades nutricionais de militares na faixa etária de 18 a 45 anos, do sexo masculino em intensa atividade laboral.

Após a formulação do modelo matemático, para auxiliar na elaboração da solução ótima junto com o método simplex, foi utilizado o software LINDO que permite e facilita nos trabalhos mais complexos, com muitas variáveis. A utilização do software é bem eficaz, porém o gestor deve estar atento aos resultados apresentados, nem sempre o que é ótimo é viável para determinado problema. Para chegar ao resultado esperado, foi preciso fazer mais iterações e restrições.

Contudo chegou-se a uma solução otimizada de que é possível dar quatro refeições num valor total de R\$ 10,10, enquanto em uma pesquisa realizada no capítulo 1, uma refeição apenas nos restaurantes no Brasil custa em média R\$ 14,63, tirando sua margem de lucro. O resultado obtido é menor que o orçamento disponibilizado para a MB, que foi possível concluir, tem um gasto total com as quatro refeições diárias de R\$ 17,32. A aplicação do resultado otimizado irá colaborar para que os poucos recursos recebidos pela Marinha sejam gastos da maneira “ótima”.

Desse modo, o trabalho em questão mostrou que as vezes o que parece ser impossível, é possível, como elaborar quatro refeições com menos de R\$11,00. Isso só se mostrou viável graças a Pesquisa Operacional, que deveria ser uma ferramenta indispensável no âmbito empresarial já que ela ajuda a solucionar inúmeros problemas do cotidiano.

REFERÊNCIAS

ARENALES, Marcos et al. **Pesquisa Operacional**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

BELFIORE, Patrícia; FÁVERO, Luiz Paulo. **Pesquisa Operacional Para cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BRONSON, Richard. **Pesquisa Operacional**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1985.

LOESCH, Cláudio; HEIN, Nelson. **Pesquisa Operacional: fundamentos e modelos**. 1ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2009.

LONGARAY, André Andrade. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 1ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 7ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

MARINHA DO BRASIL. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/>>. Acesso em: 17 set. 2016.

MORSE, Philip M.; KIMBALL, George E. **MethodsofOperationsResearch**. Introductiontothe Dover editionby Saul I. Gass, 1951.

SANTOS, Marcos dos; RAMOS, Matheus Falcão; REIS, Marcone Freitas dos; WALKER, Rubens Aguiar. Estratégia de redução do custo de transporte dos centros de distribuição da Marinha do Brasil a partir de métodos heurísticos. **Anais do IX Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe – SIMPROD**. São Cristóvão/SE, 2017. ISSN 2447-0635. DOI: 10.13140/RG.2.2.32792.29444/1

SANTOS, Marcos dos. **Simulação da Operação de um Sistema Integrado de Informações para o atendimento pré-hospitalar de emergência no município do Rio de Janeiro**. Dissertação de M.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2013.

SILVA, M. Ermes; SILVA, M. Elio; GONÇALVES, Valter; MUROLO, Afrânio. **Pesquisa Operacional para cursos de administração e engenharia: programação linear: simulação**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas, 2010.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA OPERACIONAL. O que é pesquisa operacional. Disponível em: <<http://www.sobrapo.org.br/o-que-e-pesquisa-operacional>>. Acesso em: 28 mar. 2017.